GUÍA PARA LA ASIGNATURA DE INSTALACIONES Y SERVICIOS TÉCNICOS (1)

CALIDAD DEL AIRE Y CLIMATIZACIÓN

por

PILAR OTEIZA SANJOSÉ



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

2-84-02

GUÍA PARA LA ASIGNATURA DE INSTALACIONES Y SERVICIOS TÉCNICOS (1)

CALIDAD DEL AIRE Y CLIMATIZACIÓN

por

PILAR OTEIZA SANJOSÉ

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

2-84-02

C U A D E R N O S
D E L I N S T I T U T O
J U A N D E H E R R E R A

NUMERACIÓN

2 Área
51 Autor
09 Ordinal de cuaderno (del autor)

TEMAS

1 ESTRUCTURAS
2 CONSTRUCCIÓN
3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
4 TEORÍA
5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
6 PROYECTOS
7 URBANISMO
8 RESTAURACIÓN
0 VARIOS

Guía para la asignatura de Instalaciones y servicios técnicos (1).
Calidad del aire y climatización.

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Gestión y portada: Almudena Gil Sancho.
CUADERNO 324.01 / 2-84-02
ISBN-13 (obra completa): 978-84-9728-358-8
ISBN-13: 978-84-9728-360-1
Depósito Legal: M-35156-2011

INDICE

PREFACIO

Esta Guía es la primera de una serie que tiene por objeto complementar el denso, completo y excelente libro de APUNTES DE INSTALACIONES que publicó el profesor Pedro Mª Rubio Requena en sus primeras ediciones y que ha seguido siendo actualizado por los profesores de la asignatura en los últimos años.

Tiene por finalidad ofrecer una línea argumental resumida que permita estructurar y organizar los conocimientos que se proporcionan en las clases de la asignatura de Instalaciones y Servicios Técnicos impartida en 4º curso del Plan 1996 de la Escuela de Arquitectura de Madrid.

Introducción al curso

El uso y consumo de *aire, agua y energía* son los principales requerimientos de los edificios entendidos éstos como estructuras que, una vez construidas, deben de ser habitables y no solo brillantes ejercicios de arte e ingenio.

Consumimos agua y aire en los procesos vitales y los utilizamos para el transporte de energía. Consumimos energía que producimos con combustibles fósiles -gas y petróleo- con electricidad y con fuentes renovables: energía solar y eólica. Utilizamos la energía, en su mayor cantidad, en la iluminación y el mantenimiento del bienestar térmico en los espacios interiores del edificio.

Agua, aire y energía son así objeto de las ***INSTALACIONES*** "… sistemas que procuran el *suministro de materia*, *energía o información* al edificio; que permiten su *uso y consumo*, y que facilitan su *intercambio con el usuario*, natural o tecnológico, *y con el medio*"**:** las **INSTALACIONES** hacen **habitables los edificios.**

De acuerdo con la naturaleza del suministro habrá diferentes *tipos* de instalaciones: *hidráulicas* (Agua Fría AF, Agua Caliente Sanitaria ACS, Protección Contra Incendios PCI, ...) *eléctricas* (Baja Tensión BT, Media Tensión MT, ...) de *energía* (calefacción, climatización, solar,..) de *seguridad, telecomunicación*, … tantas instalaciones como suministros o servicios específicos sean necesarios.

Siempre con el alcance de: *garantizar el suministro* objeto de su función, cumplir las *normas y reglamentos* que regulan su uso y respetar y cumplir los límites y condiciones de intercambio y consumo que *eficientemente* satisfagan las *necesidades del usuario*; incluyendo en *eficiencia* la responsabilidad de decidir hasta dónde las necesidades de los usuarios del edificio proyectado no coliden con las necesidades de la comunidad.

Siendo así, para proyectar las instalaciones de un edificio será absolutamente necesario conocer previamente tanto la naturaleza y las propiedades físicas y químicas de *agua y aire* como las leyes que rigen su transporte y uso. Sin duda, también vamos a necesitar

de, al menos, los principios más elementales de termodinámica y flujo de energía para entender cómo se produce, transporta y usa. En resumen es indispensable ordenar, actualizar y tener a disposición los conocimientos científicos y técnicos ya adquiridos; así, sin ser exhaustivo será necesario dominar:

TÓPICOS GENERALES

- Unidades de medida: relaciones
- Agua y aire: propiedades
- Principios de la termodinámica
- Transporte de fluidos
- Conservación de la energía
- Transferencia de calor: modos y leyes
- Propiedades térmicas de los materiales

TÓPICOS ESPECÍFICOS

- Ambiente higrotérmico: psicrometría
- Carta psicrométrica: uso
- Limitación de la demanda energética, CTE HE1, y apéndices D, E, F, G
- Parámetros característicos de la demanda
- Trayectoria y recorrido solar: proyecciones
- Axonometrías a mano alzada

Alcance del curso

Corresponde con los límites y recomendaciones que la normativa vigente prescribe para el diseño y ejecución de las Instalaciones de la Edificación. Tomamos como referencia el **Código Técnico de la Edificación CTE** para guiarnos en la selección de las instalaciones que estudiaremos durante el curso. El Código, norma legal, establece que los Proyectos de Ejecución en Arquitectura deben definir, especificar y prescribir cómo son las *instalaciones que hacen habitable el edificio* y, al menos, *y sin omisión*, justificar que el Proyecto cuenta con las instalaciones necesarias para su:

- 3.1 Seguridad Estructural
- **3.2 Seguridad en caso de incendio**
- 3.3 Seguridad de utilización
- **3.4 Salubridad**
- 3.5 Protección contra el ruido
- **3.6 Ahorro de energía**

De ellas seleccionamos las remarcadas en negrita *(3.2, 3.4, 3.6)* como objeto de este curso en el convencimiento de que, las restantes, han sido o serán estudiadas en otras asignaturas.

Sin duda es labor profesional plantear y resolver: alternativas, estrategias, horizontes, compromisos (sociales y medioambientales) de y para la edificación. Pero es razonable no

perder de vista que todos los edificios: deben *cumplir las exigencias básicas prescritas por el CTE*.

Es razonable porque códigos y normativas no prohíben la creatividad ni genialidad de nadie, simplemente procuran el bienestar de todos. Contienen errores, cambian y se adaptan a los tiempos… pero transmiten experiencia.

Desarrollo del curso

Estudiaremos durante el curso las Instalaciones

- **de protección contra incendios, SI**
- **de agua fría, AF**
- **de saneamiento y desagüe, S**
- **de agua caliente sanitaria, ACS**
- **suministradoras de energía renovable, ER**
- **de climatización, HVAC (Heating Ventilation Air Cooling)**

Teniendo en cuenta Reglamento y Normativa:

- **RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios)**
- **Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)**
  - **SI 4: Instalaciones de protección contra incendios**
- **Exigencias básicas de salubridad (HS)**
  - **HS 3: Calidad del aire interior**
  - **HS 4: Suministro de agua**
  - **HS 5: Evacuación de aguas**
- **Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)**
  - **HE 1: Limitación de demanda energética**
  - **HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas**
  - **HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria**
  - **HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica**

CALIDAD DEL AIRE Y CLIMATIZACIÓN

El aire no sólo es nuestro medio exterior inmediato es: *nuestro suministro vital primordial.* Y -si importante es acondicionar térmicamente el aire ambiente en la edificación- de mayor importancia aún es asegurarnos su suministro continuo en las mejores condiciones posibles de salubridad e higiene.

En todo clima y lugar los edificios, para ser habitables, tienen dos requerimientos especial y específicamente antagónicos:

- la <u>necesidad</u> de introducir aire exterior para mantener la aportación de oxígeno, indispensable para la vida y salud de las personas que los habitan y
- la <u>conveniencia</u> de mantener los locales en condiciones de bienestar térmico.

El aire directamente introducido –limpio y oxigenado- provoca, necesariamente, variaciones en las condiciones higrotérmicas del ambiente interior, que hacen inconfortables las actividades que se desarrollan en él; aunque, puntualmente, en algunas horas de algunos periodos del año, la simple aportación de aire exterior mejore las condiciones interiores.

Así, salud y confort son dos requerimientos cuya solución cuantitativa es antagónica. Las estrategias y alternativas que tomemos para su mejor solución conjunta van a condicionar, con gran impacto, cualquier idea arquitectónica de propuesta de edificación.

Sin duda, y aunque debamos realizar, y realicemos, un exigente diseño y acondicionamiento pasivo del edificio al entorno y el clima: nunca será posible "… *dar a los espacios cerrados las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o conservación de las cosas"* sin el uso de instalaciones activas, tecnológicas. Cualquier otra creencia es una quimera.

Podemos resumir, que las instalaciones de ***CLIMATIZACIÓN*** tienen por objeto: <u>*renovar continuamente el aire interior; manteniendo, en los locales, condiciones de bienestar térmico tales que en ningún caso el porcentaje de usuarios disconformes con ellas, sea mayor del 15%. Controlando, en todo momento, la emisión de residuos y* CO_2 *y el cumplimiento de las exigencias normativas de ahorro energético*</u>. Desarrollaremos la proposición anterior según:

- **Aire**
  - I. *Calidad del aire*
  - II. *Ventilación:*
  - III. *Difusión*

- **Bienestar térmico:**
    - I. *Concepto, método de Fanger*
    - II. *Factores e índices de confort*
    - III. *Normativa: condiciones interiores de diseño*
    - IV. *Zona ocupada*

- **Sistemas de climatización**
    - I. *Clasificación y caracterización de los sistemas*
    - II. *Descripción de elementos*
    - III. *Procedimientos de cálculo*
    - IV. *Condiciones de ahorro energético*

1 CALIDAD DEL AIRE

La calidad del aire interior está tipificada por la normativa que exige se *aporte a los espacios interiores de los edificios un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado*; para edificios de vivienda, aparcamientos y garajes son de aplicación las exigencias del CTE-HS 3. Para el resto de edificios se consideran válidas las disposiciones de la IT 1.1.4.2 del RITE que resumen la UNE-EN 13779.

Está implícito en la normativa que el mantenimiento de la calidad de aire interior se lleva a cabo por un procedimiento de renovación del aire que no es otra cosa que la *ventilación* del recinto; sin embargo la confusión habitual de considerar los procesos de renovación de aire como sistemas de enfriamiento, *de acondicionamiento ambiental,* hace que se evite nominar, en el reglamento, el procedimiento e instalación correspondiente; se evita declarar que la obligación y necesidad de *ventilar* los edificios es una exigencia vital para las personas que lo habitan.

Sin duda, en alguna época del año, la ventilación puede producir efectos beneficiosos para mantener las variables higrotérmicas dentro de la zona de confort pero *es un error confundir renovación del aire con climatización de un ambiente.*

Aquí, consideraremos que la *ventilación* es el proceso de renovación del aire interior de un recinto: *la sustitución del aire viciado por aire limpio y oxigenado*. Y los recintos, según nos propone el código, serán clasificados según: *edificios de viviendas o resto de los edificios.*

1.1 Ventilación de edificios de viviendas

De aplicación a todos los recintos de los edificios de vivienda, incluso trasteros y cuartos de basuras. Se debe verificar, en proyecto, que se ha definido correctamente el sistema de ventilación:

- que se aportan los caudales mínimos establecidos
- que está completamente definido el sistema de ventilación
- que para cada tipo de *local*, el tipo de ventilación y los medios –aberturas, conductos, ventiladores,…- están perfectamente dimensionados y especificadas sus condiciones relativas; ya sea la ventilación natural, mecánica o híbrida.

1.1.1 Caudal de ventilación

- Por el nº de ocupantes, en vivienda debe coincidir con el número de camas.
- Por la superficie, local.
- Según el caudal mínimo establecido en la tabla siguiente

Tabla 2.1 *Caudales de ventilación* mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros paráme-tros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por *local*
	Cocinas		2 (1)	50 por *local* (2)
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

(1) En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementa en 8 l/s.
(2) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

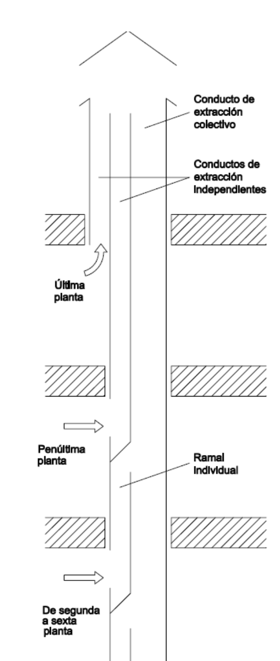
Tabla 2.1 del CTE HS3: *Caudales de ventilación* mínimos

1.1.2 Definición del sistema

1.1.2.1 En ***viviendas*** la ventilación debe ser ***híbrida o mecánica***

- desde los *locales* secos a los húmedos, con aberturas de admisión, paso y extracción. En locales multiuso: tantas aberturas como usos
- según sea la clase de la carpintería tendrá: *aireadores –a más de 1,80 m-* o simplemente *las juntas de apertura*
- si la ventilación es híbrida: obligatorios aireadores conexión exterior
- las *aberturas de extracción* deben conectarse a *conductos de extracción*, y estarán a una distancia del techo, y de cualquier esquina, menor que 100 mm

- Figura 3.3 CTE-HS 3 ejemplo de conducto vertical común de extracción



- Figura 3.1 CTE-HS 3 da ejemplos de disposición de aberturas

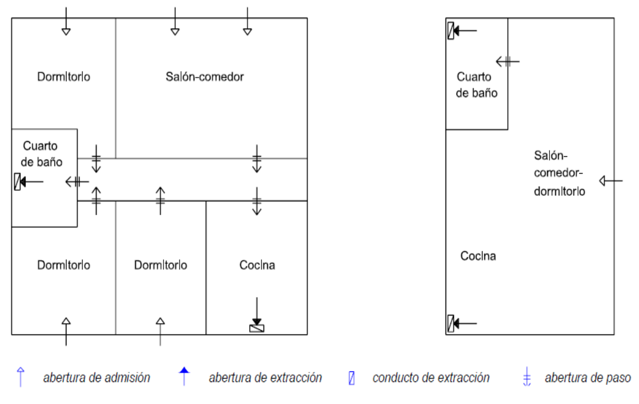


Figura 3.1 Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas

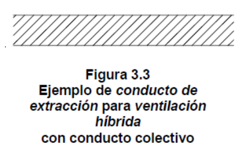


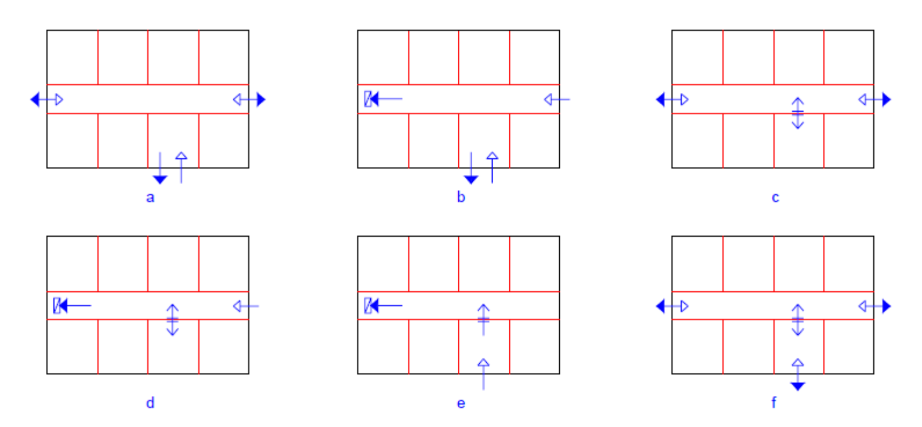
Figura 3.3
Ejemplo de *conducto de extracción* para *ventilación híbrida* con conducto colectivo

- Las cocinas, comedores, dormitorios y salas de estar deben disponer de un sistema complementario de ventilación natural por puerta o ventana.
- Adicionalmente las cocinas tendrán campana extractora con conducto independiente.

1.1.2.2 En ***almacenes de residuos*** puede ser ***natural, híbrida* o *mecánica***:

- Si es *natural con <u>aberturas mixtas</u>*: al menos dos opuestas con ningún punto del almacén a más de 15 m de una de ellas.
- Si es *natural con aberturas de <u>admisión y extracción</u>* las aberturas darán directamente al exterior y separación vertical mínima de 1,5 m.
- Si es *híbrida* con *aberturas de admisión* directamente al exterior; y si el almacén está compartimentado, la *abertura de extracción* debe disponerse en el más contaminado con aberturas de paso entre ellos
- Las *aberturas de extracción* deben conectarse a *conductos de extracción* que no pueden compartirse con *locales* de otro uso

1.1.2.3 en *trasteros* puede ser *natural, híbrida o mecánica* según los ejemplos de la figura 3.2 CTE-HS 3



a) Ventilación independiente y natural de trasteros y zonas comunes.
b) Ventilación independiente de trasteros y zonas comunes. Ventilación natural en trasteros e híbrida o mecánica en zonas comunes.
c) Ventilación dependiente y natural de trasteros y zonas comunes.
d) Ventilación dependiente de trasteros y zonas comunes. Ventilación natural en trasteros y híbrida o mecánica en zonas comunes.
e) Ventilación dependiente e híbrida o mecánica de trasteros y zonas comunes.
f) Ventilación dependiente y natural de trasteros y zonas comunes.



Figura 3.2 Ejemplos de tipos de ventilación en trasteros

1.2 Aparcamientos y garajes de cualquier tipo de edificio

1.2.1 Caudal de ventilación

- Según el caudal mínimo establecido en la tabla 2.1 del CTE HS3

1.2.2 Definición del sistema:

- la ventilación puede ser *natural o mecánica*
  - Si es natural debe disponer de aberturas mixtas en paredes opuestas
  - Si es mecánica debe funcionar en depresión
  - El número de redes será función del número de plazas:

Tabla 3.1 Número mínimo de redes de conductos de extracción

Tabla 3.1 CTE HS 3

P ≤ 15	1
15 < P ≤ 80	2
80 < P	1 + parte entera de $\frac{P}{40}$

– Si tiene más de cinco plazas debe disponer detección de nivel de (CO) monóxido de carbono

1.3 Ventilación de edificios no residenciales

La insalubridad del aire en estos casos se puede producir por muy diversas causas y la ventilación debe ser función del valor contaminante específico más relevante.

Metodológicamente el proceso de ventilación exige, UNE-EN 13773, que:

"*La calidad del aire de impulsión sea tal que teniendo en cuenta las emisiones producidas por las personas y cosas que ocupan el edificio, y del propio sistema de ventilación, se consiga la calidad del aire interior apropiada (previamente establecida)".*

Y pone a disposición la clasificación, cuantificación del aire de proceso, así como diversos métodos para su determinación.

1.3.1 Caudales de renovación, se clasifican según UNE-EN 13773:

- Tabla 3: Clasificación del aire de extracción ETA y del aire de expulsión EHA
- Tabla 4: Clasificación del aire exterior ODA
- Tabla 5: Clasificación básica del aire interior IDA

Nota.- ETA = EHA: necesariamente **EHA**, expulsado al exterior, es de la misma calidad que el aire extraído del interior **ETA**

El reglamento, RITE, de acuerdo a la UNE-EN 13773 fija y establece:

Primero: las categorías aceptables de calidad de aire interior IDA en función del uso del espacio: IT 1.1.4.2.2

Segundo: fija las cantidades mínimas de aire exterior que se han de introducir en los recintos para mantener la calidad que ha exigido en IT 1.1.4.2.2; y lo hace proponiendo cinco métodos distintos de valoración:

- *Indirecto de caudal de aire exterior por persona, L/s.per:* Tabla 1.4.2.1
- *Directo por calidad de aire permitido, dp:* Tabla 1.4.2.2
- *Directo por concentración de CO_2, ppm:* Tabla 1.4.2.3
- *Indirecto de caudal de aire por unidad de superficie, $L/s.m^2$:* Tabla 1.4.2.4
- *Directo por dilución:* UNE 100713 para hospitales; 6.4.2.3 EN 13779 otros

Tercero: establece el *filtrado del aire exterior mínimo de ventilación* en: Tabla 1.4.2.5 función de la categoría de IDA en el recinto (IT 1.1.4.2.2) y los niveles de aire exterior posibles ODA que ha caracterizado en 1.1.4.2.4

Cuarto: por último, define las categorías de *aire extraído*, AE, de acuerdo a su precedencia y/o contaminantes en suspensión o composición; estableciendo las condiciones y porcentajes de su posible reutilización: IT 1.1.4.2.5

En resumen, de otra forma expuesto, en un edificio: *"debemos controlar que la calidad del aire interior se mantenga dentro de unos parámetros establecidos y lo hacemos por medio del aire que impulsamos (introducimos); pero siempre teniendo en cuenta, evaluando, cuál es la calidad del aire exterior y cuál es la calidad del aire que reutilizamos".*

1.4. Metodología de dimensionamiento de ventilación

1.4.1 Formas de ventilación

Se puede ventilar un recinto de forma: **natural, forzada** e **híbrida.**

- **Natural**

Se produce a través de huecos -de admisión, extracción o mixtos- practicados en dos zonas opuestas de la fachada. En pequeños recintos pueden estar, separados 1,5 m, en la misma fachada. Trasteros y pequeños garajes se pueden ventilar así.

- **Híbrida**

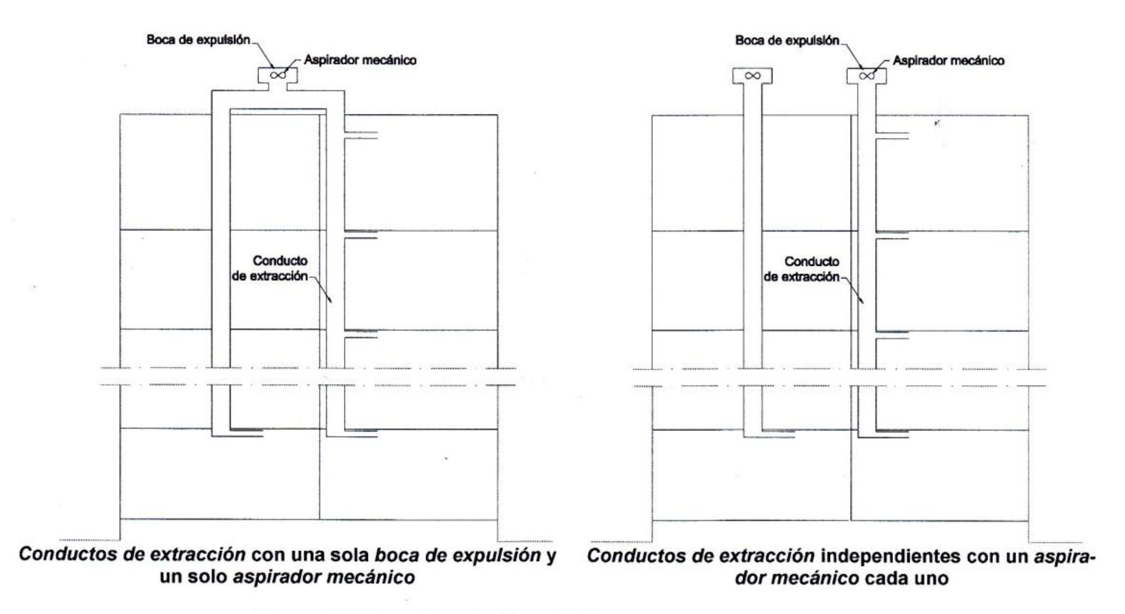
La ventilación híbrida se produce por admisión natural a través de huecos practicados en la carpintería, huecos de paso en puertas y de rejillas o huecos de extracción que comunican con un conducto vertical que termina sobre cubierta. La extracción se produce debido a:

- la diferencia de densidad -temperatura y humedad- del aire interior y exterior
- la diferencia de presión -altura del edificio-
- y el apoyo de un ventilador en la coronación

En consecuencia, determinarán las dimensiones del conducto vertical:

- el caudal necesario a extraer
- la altitud y condiciones higrotérmicas del emplazamiento Tabla 4.4 CTE HS3
- la clase de tiro o altura del conducto en el emplazamiento, Tabla 4.3 CTE HS3
- el caudal total con la clase de tiro determinarán la sección, Tabla 4.2 CTE HS3

La fig. 3.3 del CTE HS 3 muestra cómo se debe construir un conducto colectivo y las figs. 3.5 y 3.6 la disposición de la ventilación mecánica colectiva e individual para cocinas.



Conductos de extracción con una sola *boca de expulsión* y un solo *aspirador mecánico*

Conductos de extracción independientes con un *aspirador mecánico* cada uno

Figura 3.5 Ejemplos de disposición de *aspiradores mecánicos*

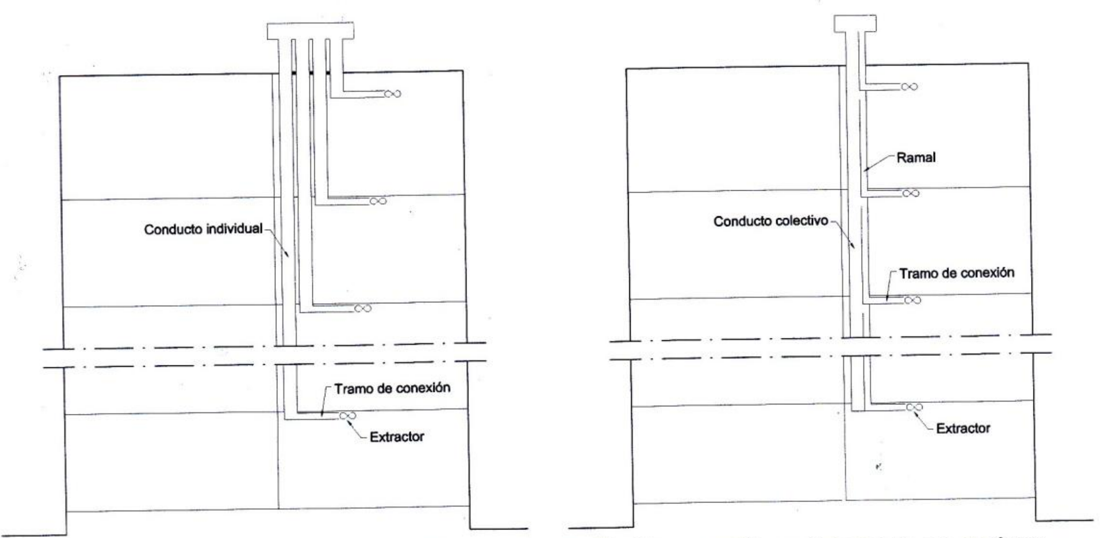


Figura 3.6 Ejemplos de conductos para la ventilación específica adicional de las cocinas

○ **Mecánica**

Se produce forzando el aire a moverse por la acción de ventiladores mecánicos; que pueden utilizarse:

- *impulsando* el aire hacia el interior: locales en ***sobrepresión***
- *extrayendo*, el aire del interior: locales en ***depresión***
- *impulsando-extrayendo,* simultáneamente, aire al, y del, local

Habitualmente el aire es impulsado o extraído a través de conductos que pueden ser dimensionados según diferentes métodos:

- recuperación estática
- pérdida de carga constante
- método T

Cada uno de ellos tiene ventajas comparativas sobre el resto, en ventilación es frecuente utilizar el primero, en difusión, más el segundo; el tercero se utiliza para grandes instalaciones y tiene en cuenta coste de equipos y gasto de funcionamiento en relación con el rendimiento del sistema.

1.4.2 Método de cálculo de conductos con pérdida de carga constante

Consiste en dimensionar los conductos de modo que las pérdidas de carga (las continuas más las aisladas imprescindibles), a lo largo de cualquier recorrido dentro de la red, sean iguales. Se comienza dimensionando *el ramal más desfavorable* – aquel en el que mayor pérdida de carga se vaya a producir- garantizando, con esta elección, que los ventiladores serán capaces de mover el aire por cualquier otro recorrido. A continuación se dimensiona el resto de conductos para que se produzcan las mismas pérdidas de carga; garantizando de esta forma la constancia de los caudales.

En este método la presión y la velocidad del aire en las bocas, de extracción o descarga, no son relevantes, no condicionan el diseño.

a. Se calcula, Q_T, caudal total de la instalación según tablas *|19| y |20| XII Apuntes.*
b. Conocido Q_T podemos calcular, D_T, limitando la velocidad máxima de circulación. D_T es el diámetro del conducto inmediato al ventilador: antes, si es extracción, después, si es impulsión.
c. Conocidos Q_T *y* D_T calculamos ***j***, la pérdida de carga unitaria, *|97| - IV Apuntes.* que mantendremos constante en todos los tramos de la instalación.
d. Elegido el ramal más desfavorable se calcula, *para cada tramo del ramal*, el diámetro, *D.* En el nomograma *|97| - IV Apuntes* podemos leer diámetro y velocidad sin más que situar el punto determinado por *j,* que conocemos y mantenemos constante, y Q_i caudal en el tramo. Q_i es el *caudal total* menos el que haya sido, antes, impulsado o extraído.
e. Se determina el incremento de presión, Δp, que el ventilador aporta al aire teniendo en cuenta las caídas de presión estática en el conducto y las dinámicas en las bocas de extracción y expulsión.
f. *Se seleccionan los ventiladores,* de acuerdo al caudal total a manejar, la potencia útil que se debe trasmitir al aire y las velocidades adecuadas, en ventilador y conductos, para evitar ruidos indeseables.
g. Con el *D calculado en* b, si se van a utilizar ductos de sección rectangular,se halla la sección rectangular *equivalente* en *Tabla |44| VI Apuntes* o también, según Huebscher, utilizando:

$$D_e = 1{,}3 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0{,}625}}{(a+b)^{0{,}25}}$$

1.5 Difusión

Cuando el aire se utiliza como fluido de transporte de energía, aire calentado o enfriado previamente, se introduce en los locales de forma que, al mezclarse con el aire ambiente, mantiene en condiciones de bienestar térmico la *zona ocupada* del recinto.

Se estará entonces *difundiendo en el local* aire térmicamente acondicionado con el objetivo de conseguir el bienestar de los ocupantes.

Obviamente se puede *difundir* aire de *ventilación en el local (después de haberlo tratado térmicamente*)… y, entonces, estaremos *climatizando* el local con *aire primario: aire de ventilación acondicionado térmicamente.* Debe ser entendido que:

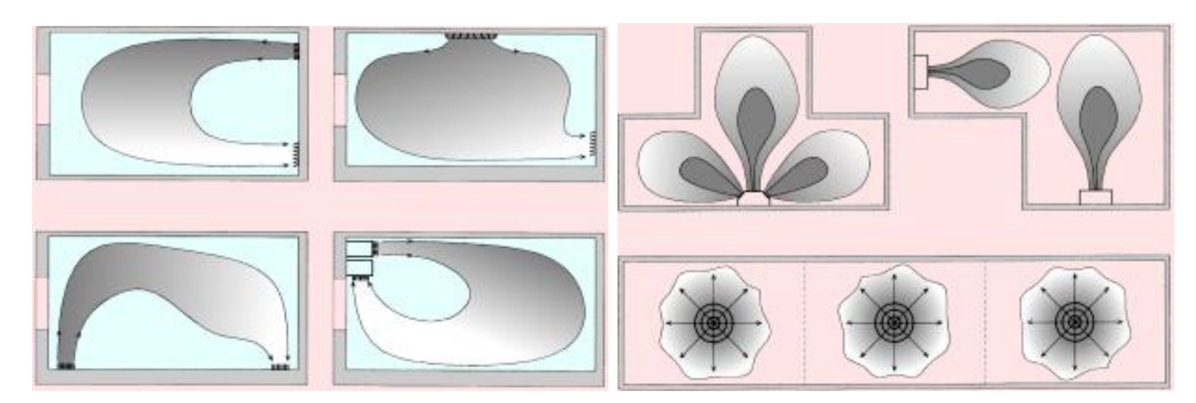
la ventilación es indispensable en cualquier clima y lugar, la climatización: no.

En consecuencia, debemos tratar térmicamente todo el aire de ventilación cuando necesitemos climatizar un edificio pero *no todo el aire que debamos usar como caloportador debe ser aire exterior*; incurriríamos en gastos anuales, de energía, absurdos y reprochables.

La *difusión* se debe de entender como el proceso de emisión de energía en los recintos climatizados por un sistema *TODO AIRE.*

1.5.1 Bocas de impulsión y retorno

El aire climatizado es introducido en los recintos a través de la sección terminal del conducto que lo lleva; esta sección final está equipada con un dispositivo que hace que el caudal de aire impulsado se divida y reparta en varias venas. Estos dispositivos se llaman *bocas de impulsión* que, al igual que las *bocas de extracción,* presentan diferentes formas en función del caudal, alcance y velocidad del aire impulsado y la forma de la vena más conveniente para el volumen del recinto.



Bocas de impulsión y retorno (según S&P)

El tipo y distribución de las bocas de impulsión condicionan absolutamente la eficiencia de los sistemas *TODO AIRE* hasta el punto de que una mala elección y/o distribución de estas puede: *no solo disminuir el bienestar sino producir un grandísimo malestar.*

Aunque en los Apuntes de la Asignatura se trata ampliamente la difusión es conveniente tener presente las siguientes recomendaciones de diseño.

1.5.2 Recomendaciones de diseño

- El caudal total difundido será, habitualmente, la suma de *todo* el aire necesario para ventilación y una cantidad variable de aire extraído que se recirculará
- Este caudal se repartirá entre el número de bocas que sean necesarias para asegurarnos que:
  - No queda ninguna zona interior con aire estancado: el *alcance* de la vena de aire impulsado cubre la planta.
  - En toda la zona ocupada se produce movimiento del aire, directo o inducido, con velocidades *residuales* no mayores que las normativas y cuidando que las velocidades de salida en la boca no produzcan *ruido.*
- La *velocidad residual* depende de la *velocidad de salida en la boca de impulsión* y, ésta, debe ser suficiente para que *alcance* a mover todo el aire interior pero no tan excesiva que produzca ruidos… es evidente que *caudal, alcance* y *velocidad* son variables dependientes que requerirán de procesos iterativos para su determinación.
- Establecer la distancia entre bocas de impulsión igual a la altura a la que se sitúen puede ser un criterio razonable para comenzar el proceso iterativo mencionado.
- Debe de evitarse que las bocas de impulsión y extracción estén tan próximas o enfrentadas que se establezca un flujo lineal y directo, cortocircuito, del aire impulsado a la boca de extracción. Las bocas deben estar en planos ortogonales y con la mayor diferencia de altura posible.
- Debe favorecerse la estratificación del aire en caso de que, preferentemente, se deba refrigerar el recinto; se debe romper la estratificación en caso de que, preferentemente, se deba calentar.
- El número de bocas de extracción, con simplemente rejillas de protección, pueden ser menores en número y con velocidades de entrada mucho mayores que las de salida en impulsión.

1.5.3 Procedimiento de cálculo de conductos de difusión

El método más utilizado para dimensionar las redes de aire térmicamente acondicionado es el de *recuperación de la presión estática;* en estas redes, si avanzamos en el sentido del flujo, el caudal disminuye en cada derivación. Los conductos de derivación disminuirán su sección, se estrecharán, proporcionalmente al caudal que deban conducir y la velocidad sufrirá un cambio en el paso de un tramo de red a otro.

En la *difusión* sí es muy importante determinar y mantener la presión y/o velocidad del aire en las bocas de impulsión; con este método se trata de mantener *nula la diferencia de presión estática* en los tramos de la instalación, por lo cual el difusor con mayor presión necesaria determinará la potencia del equipo impulsor. Ésta será la presión que el ventilador tendrá que suministrar a la instalación.

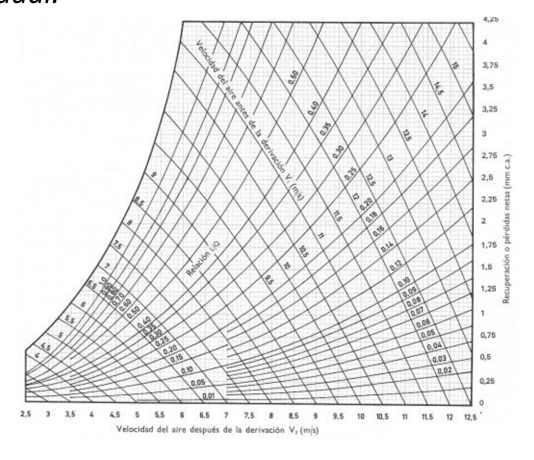
El procedimiento de cálculo es sencillo pero largo y reiterativo, actualmente la facilidad de cálculo y procesamiento ha simplificado notablemente su uso.
Se comienza, como en el método de pérdida de carga constante, por el tramo inmediatamente posterior al ventilador que impulsa el caudal total de la instalación a una velocidad inicial seleccionada a conveniencia; este tramo llegará hasta la primera bifurcación donde se repartirá el caudal por distintos ramales; en cada uno de estos ramales deberemos mantener el caudal proyectado y determinar por tanto la sección y la velocidad en el nuevo tramo… y aquí es donde se utiliza la condición de que la presión estática sea constante.

El procedimiento consiste en seleccionar una velocidad inicial para la descarga del ventilador y dimensionar la primera sección como en el método anterior. Posteriormente, las demás secciones se dimensionan de forma que la velocidad en el comienzo v_1 sea mayor que la velocidad v_2 al final del tramo en la misma cantidad que el rozamiento del aire en el conducto y la reducción le hagan perder presión estática.

Aplicando la conservación de la energía y si la presión estática es constante en el tramo: $p_2 - p_1 + \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + h_{f12} + h_{bif} = 0 \;\Rightarrow\; v_1^2 = v_2^2 + 2/\rho\cdot(h_{f12} + h_{bif})$

Calculado v_1 y conocido por proyecto el caudal en el tramo podemos determinar las dimensiones del conducto.

De nuevo se encontrarán disponibles con facilidad gráficos de *recuperación estática en baja velocidad que relacionan las pérdidas netas con las velocidades en el tramo, longitud y caudal.*



2 CLIMATIZACIÓN

2.1 Bienestar térmico

"La sensación térmica experimentada por un ser humano está relacionada, principalmente, con el equilibrio térmico global de su cuerpo. Tal equilibrio depende de la actividad física y de la vestimenta del sujeto, así como de los parámetros ambientales: temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad y humedad relativa del aire".

Es posible estimar la sensación térmica genérica global del cuerpo mediante el cálculo del *voto medio estimado*, PMV (Predicted Mean Vote), de los usuarios de un local cuando se varían los valores de los parámetros ambientales. La respuesta de los usuarios determinará un porcentaje de insatisfechos, PPD (Predicted Percentage Dissatisfied), que indicará una mejor condición del ambiente térmico en la medida que el PPD sea menor, UNE-EN-7730.

Bienestar térmico: "*es el marco ambiental donde se desarrolla la actividad humana manteniendo sin esfuerzo su temperatura corporal"*; es significativo que la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning), una asociación estrictamente técnica, lo defina como "*un estado mental individual y subjetivo*" Para delimitar ese marco ambiental se han desarrollado numerosos trabajos. De los estudios realizados por Fanger (1973) -que con adaptaciones cuantitativas recoge nuestra normativa- con personas sometidas a variaciones de clima en cámaras higrotérmicas, resulta que el bienestar térmico depende de dos condiciones personales que deben mantenerse continuamente:

- *equilibrio térmico: debe existir un equilibrio entre la ganancia de calor (ambiental o metabólico) y la eliminación del mismo*
- *la temperatura de la piel y la cantidad de sudor evaporado deben de estar comprendidas entre ciertos límites* (NTP 501)*

Al mismo tiempo, deben evitarse fenómenos o estados que producen *disconfort térmico local en la persona*, al tener una parte del cuerpo fría y otra caliente, como:

- *Corrientes de aire*
- *Asimetría de planos radiantes*
- *Contacto con superficies frías o calientes*
- *Diferencias verticales de temperatura*

Es de interés destacar que Yaglou (1923) fue uno de los primeros investigadores que se interesó en caracterizar estados de percepción de bienestar térmico a los que llamó *zonas de confort.* Determinó los parámetros significativos que influían en dicha percepción y los representó en un ábaco que permite, con gran facilidad, determinar si un ambiente se encuentra en *zona de confort* o no. Bedford (1946) mejoró este ábaco proponiendo considerar la temperatura radiante en espacios interiores. Investigadores como Givoni (1969) han propuesto el uso de la carta psicrométrica como un instrumento que permite visualizar y calcular con sencillez los procesos energéticos involucrados en los cambios de estado ambientales. En general estos ábacos, de Yaglou-Bedford, o la carta psicrómetrica, en el caso de Givonni, nos permiten identificar zonas de confort genéricas, tanto de ambiente exterior como interior. Sin embargo es Fanger quien condiciona la zona de confort a condiciones impuestas por el cerramiento. En resumen parece razonable usar las propuestas de Yaglou, Olgyay, Givoni o similares para determinar las condiciones de confort en que se va a desempeñar el edificio y utilizar la propuesta de Fanger para el diseño interior y por tanto: *de las instalaciones.* Así lo recoge nuestra normativa estableciéndose en el RITE, IT 1.1.4.1 las condiciones interiores de diseño de los edificios; condiciones que deben mantenerse en la *zona ocupada* de los recintos, UNE EN 13779.

En consecuencia, siendo de interés el conocimiento de las diferentes propuestas de caracterización del bienestar térmico, el criterio normativo del RITE recoge la metodología de Fanger que establece los

2.1.1 Factores de confort e índices de control de bienestar térmico

Aunque el bienestar térmico es subjetivo e individual, sí podemos, al menos, caracterizar objetivamente los parámetros que lo condicionan, los *factores de confort:*

Referidos al medio:

- Temperatura seca del aire
- Humedad relativa del aire
- Temperatura radiante
- Velocidad del aire

Referidos al usuario:

- Actividad metabólica
- Grado de vestimenta

No se ha encontrado un conjunto de valores de estos parámetros que sea satisfactorio para el 100% de los individuos de cualquier muestra poblacional. De

otra forma dicho: *siempre, cualesquiera sean los valores de los parámetros elegidos, habrá una parte de población insatisfecha con la sensación percibida.*

Por ello el informe CEN CR 1752 se limita a establecer tres categorías de ambientes térmicos: **A, B y C** en función de que *el porcentaje de insatisfechos* sea menor del: 5, 10 o 15%.

Finalmente, el reglamento, RITE,

- aceptando que el porcentaje de insatisfechos, PPD, será: entre 10 y 15 %
- y para valores preestablecidos de actividad metabólica y grado de vestimenta

establece los <u>*índices de control de bienestar térmico*</u>. Los establece fijando los intervalos obligatorios a los que se limitan los valores que pueden alcanzar los factores de confort para aceptar que el ambiente está en condición de bienestar térmico.

2.1.2 Condiciones interiores de diseño favorables para el bienestar térmico

Estación	**Temperatura operativa** ºC	**Velocidad media** m/s	**Humedad relativa** %
Verano	23…25	0,18…0,24	45...60
Invierno	21…23	0,15…0,20	40…50

Para edificios donde se realicen tareas de actividad metabólica sedentaria de 1,2 met, con grado de vestimenta 0,5 clo, en verano; y 1,0 clo en invierno y en el que el PPD sea 10 y 15%; cualquier actividad o vestimenta distinta conlleva la modificación de los intervalos propuestos.

La velocidad media del aire, en cualquier caso, será calculada según:

$$V = \frac{t}{100} - 0{,}07 \quad m/s$$

para verano: por mezcla

$$V = \frac{t}{100} - 0{,}10 \quad m/s$$

para invierno: por desplazamiento

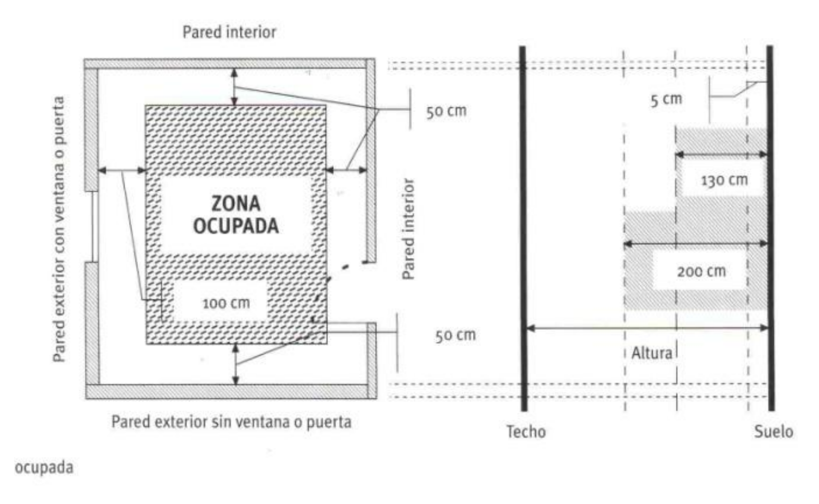
Deben cumplirse no sólo las *condiciones favorables*, la norma *exige* que se eviten las condiciones desfavorables para el bienestar térmico**,** como:

- Corrientes de aire: con velocidades mayores a las indicadas anteriormente
- Gradiente vertical de temperaturas: 3 K/m, sentados, 2 K/m de pie
- Temperatura del suelo: 19ºC< Ts < 29ºC
- Asimetría radiante: por techo caliente <5 ºC; frio < 14ºC; pared caliente < 10ºC; fría < 23ºC.

2.2 Zona ocupada

Las condiciones favorables y desfavorables, antes definidas, para el bienestar térmico deben ser mantenidas dentro de la *zona ocupada* de los recintos, UNE EN 13779.

Las condiciones de calidad interior del aire vienen dadas por la misma norma anterior aunque, para edificios de viviendas, son válidos los establecidos en el CTE HS3.



Dimensiones de la zona ocupada

2.3 Categorías de climatización: subsistemas de climatización

Los sistemas de climatización son las instalaciones que suministran aire y energía térmica a los espacios interiores de los edificios para que estos sean habitables, en las condiciones de *salubridad y ahorro energético* que establece la normativa.

Los locales serán: *ventilados, calentados, enfriados y humedecido o deshumedecido su ambiente interior* según lo exijan *las condiciones climáticas* y el *uso previsto* del edificio.

Los *sistemas de climatización* estarán compuestos por tantas subinstalaciones como sean necesarias para cumplir los objetivos perseguidos y, en consecuencia, el RITE clasifica los sistemas de climatización en categorías en función del número de subinstalaciones que utiliza:

Tabla 2.4.3.1 Control de las condiciones termohigrométricas por Categorías

Categoría	Ventilación	Calentamiento	Refrigeración	Humidificación	Deshumidificación
THM-C 0	X	-	-	-	-
THM-C 1	X	X	-	-	-
THM-C 2	X	X	-	X	-
THM-C 3	X	X	X	-	(X)
THM-C 4	X	X	X	X	(X)
THM-C 5	X	X	X	X	X

THM-C significa Thermal Control

_No influenciado por el sistema X controlado por el sistema y garantizado en el local (X) Afectado por el sistema pero no controlado en el local

En consecuencia, los sistemas de climatización estarán compuestos por todas o algunas de las siguientes *instalaciones parciales de climatización:*

- Ventilación
- Calefacción
- Refrigeración
- Humidificación
- Deshumidificacion

Cada una de estas agrupará numerosos componentes que, en ocasiones, según su modo de uso, cumplen funciones opuestas y/o sirven, a la vez, a subinstalaciones distintas. Debido a esta complejidad es conveniente -para entender cómo se produce la climatización y, consecuentemente, para realizar el proyecto e implantación de las instalaciones- estudiar por *bloques y usos* las instalaciones.

Los ***bloques*** que consideraremos, tanto de la Instalación de Climatización, en su conjunto, como de cada una de las instalaciones parciales que la componen; serán:

- **Producción:** cómo se produce y transfiere energía al fluido caloportador
- **Distribución:** cómo se impulsa y conduce el fluido
- **Emisión:** dónde y cómo se transfiere la energía del fluido al aire del ambiente

Teniendo en cuenta que, según su ***modo de uso***, pueden ser:

- **Centralizados**: servicio común para
  - **Individuales:** un solo usuario legal
  - **Colectivas:** varios usuarios
- **Unitarios:** un espacio único

En resumen, consideramos la Instalación de Climatización como un sistema compuesto por subinstalaciones que tendrán mayor, menor o ninguna presencia, según sean las condiciones climáticas del emplazamiento. Y que estará condicionada por la necesidad de compartir, o no, la producción, la distribución y la emisión de energía según sea un servicio centralizado, o no, y según los equipos sirvan: a un único espacio o a un espacio compartimentado.

De acuerdo a los criterios establecidos podemos resumir las instalaciones según:

2.3.1 Ventilación

Su función principal es la renovación del aire; también puede utilizarse para transportar energía.

Tipos de ventilación

- **Natural** ≡ flujo de AIRE INDUCIDO por medios naturales
  - Diferencia de densidad: Tiro térmico
  - Diferencia de presión: en fachadas-efecto Venturi
- **Forzada** ≡ flujo de AIRE IMPULSADO por medios mecánicos
  - Depresión: provoca ventilación por desplazamiento
  - Sobrepresión: provoca ventilación por mezcla
- **Híbrida** ≡ flujo INDUCIDO/IMPULSADO utiliza ambos complementariamente
  - Depresión; suplementa, por medios mecánicos, el tiro natural

Bloques de la instalación

- **Producción**:
  - disponible en la naturaleza; sólo en instalaciones con requerimientos exigibles de pureza y/o altos estándares de calidad se "producirá" aire
- **Distribución**:
  - por conductos de obra -chimeneas, plenum,..- o conductos prefabricados en chapa metálica, fibra de vidrio,…
  - Ventiladores, compuertas,…
- **Emisión**: regulando caudal a través de rejillas y difusores

2.3.2 Calefacción

El objeto de esta instalación es aumentar la temperatura sensible del aire ambiente, induciendo el movimiento del aire por gravedad -diferencia de densidad- y disminuyendo su humedad relativa -"seca el ambiente"- provoca la evaporación en las superficies húmedas.

Las instalaciones de calefacción pueden ser de diferentes *TIPOS,* según sea el fluido caloportador que utilicen y, en cada uno de ellos, los bloques de la instalación estarán formados por:

Calefacción por agua

- **Producción**: calderas
- **Distribución:** tuberías, tanques, válvulas y bombas
- **Emisión:** radiadores, suelos radiantes, ventiloconvectores -fan-coils

Calefacción por aire

- **Producción**:
  - caldera-batería con aletas en UTA
  - bomba de calor- batería condensación en UTA
- **Distribución**: conductos, compuertas, ventiladores,…
- **Emisión:** caudal en rejilla

Calefacción por fluido refrigerante

- **Producción**: bomba de calor-batería de condensación en equipo local
- **Distribución**: tuberías alta/baja presión, válvulas, recipientes, etc.
- **Emisión:**
    - Inductor: batería de condensación sin ventilador
    - Fan-coil: batería de condensación con ventilador

2.3.3 Refrigeración

Disminuye la temperatura sensible; provoca movimiento del aire, como la calefacción, y, al contrario que ésta, aumenta la humedad relativa pudiendo producir condensaciones en superficies frías. Como en calefacción, se clasifican según el fluido enfriador:

Refrigeración por agua

- **Producción**: máquina frigorífica-enfriadora de agua
- **Distribución:** tubería de agua, válvulas, bombas…
- **Emisión:** batería con aletas-ventilador

Refrigeración por aire

- **Producción**: máquina frigorífica-batería de evaporación en UTA
- **Distribución:** conductos, ventiladores, compuertas,…
- **Emisión:** rejillas en local

Refrigeración por fluido refrigerante

- **Producción:** máquina frigorífica-batería de evaporación en equipo local
- **Distribución:** tuberías alta/baja presión, válvulas, recipientes, etc.
- **Emisión:** fan-coil, batería de evaporación con ventilador

Es necesario hacer énfasis en que *no puede haber ningún sistema de climatización que no ventile el edificio*; que, siempre, *la salubridad de los recintos es prioritaria sobre cualquier otro fin.*

2.4 Clasificación de los sistemas de climatización

La clasificación por categorías establecida por el RITE para identificar las funciones y control del ambiente que el sistema va a proporcionar, nos informa de las instalaciones que debe de incluir pero no nos da ninguna información sobre cómo son, ni el modo y medio de llevar a cabo la climatización.

En el tiempo, se han utilizado diferentes criterios de clasificación; y todavía con frecuencia se identifica climatización con aire acondicionado, entendiendo por acondicionamiento, únicamente, el enfriamiento del aire.

Por esta razón es usual encontrar una clasificación, de climatización, referida a cómo se realiza el ciclo de compresión en las instalaciones de refrigeración y así se nombran como:

- AIRE – AIRE
- AIRE – AGUA
- AGUA – AIRE
- AGUA – AGUA

} ***no utilizar***

Esta denominación utiliza la primera palabra para indicar el elemento en el que se realiza la evaporación –cede calor- y, la segunda, para el que se utiliza para producir la condensación –recibe calor- . Puede ser útil si describen instalaciones simples de enfriamiento de aire pero no lo son, pueden confundir (**Y CONFUNDEN**) en el caso general de instalaciones completas. ***NUNCA debe utilizarse esta clasificación para sistemas de climatización***, aunque sí puede utilizarse para identificar una máquina frigorífica.

Actualmente, es de consenso que **el criterio más idóneo para identificar los sistemas de climatización es utilizar el nombre del fluido que entra en el local para producir el efecto de enfriamiento o calentamiento del aire ambiente interior**. Por tanto:

Los sistemas de climatización se clasifican según el fluido que introduce la energía en el local**:** *Aire, Agua y Fluido refrigerante.*

Serán *simples,* cuando al recinto entre un solo fluido, y mixtos, cuando entre más de uno.

Los sistemas de climatización pueden y deben proyectarse como:

- TODO AIRE *entra solo aire, e incluye el aire primario* de ventilación*
- TODO AGUA + VENTILACIÓN *entra agua y aire primario de ventilación*
- TODO REFRIGERANTE + VENTILACIÓN *entra refrigerante y aire primario*
- AGUA + REFRIGERANTE+ VENTILACIÓN *entra agua, refrigerante y aire*

aire primario*:** aire de renovación tratado térmicamente (precalentado o refrigerado) antes de introducirlo en el local.

2.5 Exigencias normativas de ahorro energético

Los sistemas de climatización deben, además de ventilar y mantener el edificio en condiciones de bienestar térmico, cumplir las exigencias que prescribe el CTE de ahorro de la energía consumida en su funcionamiento.

Más allá de un simple menor coste, las medidas propuestas por la normativa nos ayudan a identificar la estrategia idónea para determinar una eficiente composición del sistema de climatización.

En esta línea las pautas imprescindibles que todo proyecto debe cumplir son:

- Enfriar gratuitamente la edificación
- Recuperar la energía contenida en el aire expulsado por renovación
- Evitar la estratificación del aire interior
- Sectorizar

2.5.1 Enfriamiento gratuito de la edificación

Así se denomina la introducción masiva de aire exterior cuando sus variables termo-higrométricas son favorables para el enfriamiento del ambiente; se debe ejercer control entálpico de los índices de confort del aire exterior e interior -controlando y comparando no solo la temperatura, sino, también, la humedad relativa-.

En nuestro clima el aprovechamiento más eficiente se producirá en edificios de uso público, sin ocupación nocturna, cuando la introducción del aire nocturno consigue que el edificio:

- Se ventile por completo
- Se enfríe su ambiente interior
- Se enfríen los cerramientos y objetos contenidos en el edificio "almacenando frigorías" que serán útiles en el ciclo diurno (se puede entender como una inercia térmica negativa)

2.5.2 Recuperar la energía contenida en el aire expulsado por renovación

La ventilación exige expulsar aire viciado del interior y con él la energía contenida en su masa. Aquí la exigencia es la de recuperar -transfiriendo al aire nuevo introducido- la energía contenida en el aire expulsado. La norma establece la recuperación mínima que hay que realizar según los volúmenes o caudales manejados.

En vivienda y edificios con escasa ocupación, no dispondremos de sistemas de ventilación forzada en los que la toma de aire esté centralizada, pero en todos aquellos que dispongan de una UTA, o un ventilador de admisión centralizada, debemos instalar un recuperador.

2.5.3 Estratificación del aire interior

La diferencia de densidad del aire, debida a la diferencia de temperatura, en un local hace que se acumule el aire caliente en su techo y próximo al suelo el más frío. Obviamente una gran altura interior hará que toda la energía que podamos ceder al local sea acumulada próxima a su techo dejando la zona ocupada, en periodos fríos, en continua demanda de calor; de manera opuesta en verano, la estratificación, hará menor la demanda de frío en las zonas más bajas por tanto, debemos:

- *evitar la estratificación térmica del aire en invierno y*
- *fomentarla en verano*

De nuevo esto dará lugar a estrategias específicas de proyecto: Introducir el aire de ventilación siempre por techo e inducir frío en suelo o zonas inferiores.

2.5.4 Sectorización

Es quizás la exigencia que tiene más carácter de premisa de diseño; nos recuerda que la demanda energética en un edificio no es, en absoluto, continua ni homogénea… no lo es ni en el espacio ni en el tiempo.

Es muy importante entender que esta exigencia nos obliga a un cambio metodológico en el diseño de instalaciones. Pone en evidencia que no podemos diseñar teniendo en cuenta el lugar y la oportunidad más desfavorable que la instalación debe servir. Debemos proyectar, diseñar y calcular para las demandas conjugadas de todos los espacios interiores en el mismo instante y en diferentes estaciones climáticas; **en nuestro país es habitual tener demandas energéticas de signo contrario, al mismo tiempo, en distintas zonas de la misma planta de un edificio.**

Por todo ello se nos exige agrupar en el proyecto, *en sectores de climatización,* locales que tengan similares condiciones de:

- *tipo de cerramiento*
- *orientación*
- *ocupación*

Veamos a continuación los Sistemas de Climatización cuyos cuadros resumen se incluyen en el APÉNDICE.

2.6 Sistemas de Climatización

2.6.1 Sistema de climatización Todo Aire

El único fluido que entra en el recinto a climatizar es el aire.

El aire es manejado en una UTA en la que se mezclará y acondicionará higrotérmicamente aire exterior con aire retornado de los locales. Este aire es impulsado por ventiladores, a través de conductos, que llegan a rejillas y difusores dimensionados para que aporten el caudal correcto a cada local.

El acondicionamiento del aire se realiza con baterías de intercambio de calor/frío en el interior de la UTA servidas por máquinas térmicas de combustión directa o de ciclo de compresión directa o indirectamente (no puede haber un funcionamiento simultáneo de las baterías de calor y frí o).

En estos sistemas tienen gran importancia las distintas cargas térmicas que, por zonas, tiene que equilibrar el sistema partiendo de una UTA común, así se utilizan:

- Sistemas multizona
- Sistemas de doble conducto
- Sistemas de caudal variable: atiende a la máxima carga simultánea
    - Modulación por desviación
    - Modulación por estrangulamiento
        - Con compuerta en impulsión
        - Con compuerta en la aspiración
        - Por variación de velocidad de giro

La tendencia, en estos sistemas, es crear sistemas multizonas de caudal variable regulado por estrangulamiento con variación en la velocidad de giro del ventilador.

2.6.2 Sistemas *Todo Agua + aire primario de ventilación*

Todo Agua

El sistema puede tener dos medios de producción de agua diferenciados:

- Caldera, para producir y proveer de agua caliente a los emisores
- Enfriadora de agua, máquina frigorífica (AGUA-AIRE, AGUA-AGUA) de refrigerante que toma calor del agua en su evaporador -y por tanto enfría el agua- y condensa por aire, ventiladores, o por agua con torre de enfriamiento

Los locales estarán provistos de ventiloconvectores a los que llegará el agua caliente producida en la caldera, y la fría de la enfriadora, por dos, tres o cuatro tubos.

Pueden también utilizarse con emisores diferenciados: radiadores y/o suelo radiante para calefacción y ventiloconvectores para refrigeración.

Pero, de nuevo, este tipo de instalación no maneja aire, aire exterior, no ventila y, en consecuencia, habrá que disponer una instalación adicional de aire de ventilación que nos lleva a una instalación

+ Aire primario de ventilación

Es conveniente preclimatizar el aire para ventilación (a unos grados de diferencia de la temperatura de control) antes de introducirlo en el local. El aire preclimatizado es el aire primario que requiere de una UTA para su preclimatización.

Es una instalación todo agua más una instalación de ventilación; los sistemas más utilizados son:

a. **Inducción**: el aire primario (aire de renovación) llega a alta presión a los inductores donde a través de toberas por las que saldrá a alta velocidad induce (Venturi) el flujo del aire ambiente forzándole a pasar por la batería en la que circula agua. Impulsando la mezcla de aire primario y ambiente al local. Generalmente desde suelo si se utilizan Inductores y en techo si se utilizan ventiloconvectores.

b. **Ventilación separada**: el aire de renovación es distribuido por conductos específicos independientes de los elementos que enfrían o calientan el aire ambiente.

Se utilizan ventiloconvectores servidos por dos, tres o cuatro tubos de la batería de agua para el tratamiento local del aire ambiente, tanto en

enfriamiento como en calefacción. También se encuentran instalaciones que utilizan radiadores o suelo radiante para calefacción y ventiloconvectores para enfriamiento.

2.6.3 Sistemas *Todo Refrigerante + aire primario de ventilación*

Todo Refrigerante **(con bomba de calor)**

El único fluido que entra en el local es fluido refrigerante que se expande o condensa en un serpentín de tubería aleteada a través del que pasa -de manera inducida o forzada- el aire ambiente.

Son sistemas servidos por máquinas refrigerantes de caudal constante de refrigerante en pequeñas instalaciones *y VRV (Volumen de Refrigerante Variable) en sistemas medianos o grandes* y en edificios sin compartimentación donde no es necesario sectorizar; suelen ser:

- COMPACTOS
- PARTIDOS
  - UNITARIOS
  - MÚLTIPLES

Estos sistemas no renuevan el aire –ni aportan ni extraen- y, en puridad, no pueden considerarse sistemas de climatización. Sin embargo son muy aconsejables en vivienda, o pequeños locales, donde la ventilación está asegurada por medios naturales. En vivienda es frecuente el uso de equipos PARTIDOS, compuestos por:

- unidad central, compresora, que engloba una batería con aletas en contacto con el ambiente exterior y
- *una* o *múltiples* baterías, con aletas, en los ambientes a climatizar.

El número de unidades, en las *múltiples,* que se puede utilizar es limitado aunque el desarrollo tecnológico que se viene produciendo en los últimos años hace que debamos estar continuamente atentos a las posibilidades que nos ofrece.

Los equipos COMPACTOS se suelen utilizar en grandes espacios comunes, sin compartimentación, donde no es necesario sectorizar y donde la ventilación se provee por otros medios. Son típicas las unidades ROOF-TOP sobre la cubierta de los grandes Centros Comerciales.

__Sistemas VRV__ **+** ***__Aire primario de ventilación__***

Si al sistema anterior le añadimos una instalación de ventilación: *entrará refrigerante y aire en los recintos.* Pero, con el desarrollo de los compresores con sistema *Inverter* y el uso de nuevos refrigerantes (R410) que trabajan a mayores presiones, se ha conseguido

- que la distancia –entre la unidad compresora y evaporadores/condensadores- pueda superar alturas de 50 m con recorridos mayores de 300 m.
- que el volumen de refrigerante en circulación sea variable y modulable y que la cantidad de refrigerante que entra a cada recinto y que sea variable en función de la demanda y dependa en cada ramal de servicio de la demanda real (que variará con el ciclo de temperatura y uso diario)

Es especialmente relevante e idóneo el uso de este sistema en edificios compartimentados con una marcada sectorización, donde la diferencia de ganancias y pérdidas de calor sean muy acusadas en las diferentes fachadas por cuanto permite transferir energía, sin coste, entre sectores del edificio que estén funcionando en distinta fase del ciclo térmico.

Así: es posible enfriar una zona del edificio evaporando líquido refrigerante que, recogido por el compresor, y comprimido a alta temperatura, pueda ser enfriado en otro sector del edificio donde se requiera, simultáneamente, calefacción.

En este tipo de edificios (oficinas, institucionales, comerciales por departamentos,…) es muy recomendable utilizar un sistema todo refrigerante VRV con una instalación de ventilación complementaria, con UTA, que distribuya, mediante conductos, aire de renovación tratado higrotérmicamente.

En hospitales, hoteles, guarderías, gerontológicos…donde las personas tienen movilidad limitada y/o pasan gran parte de su tiempo acostadas, es necesario utilizar circuitos de capacidad volumétrica reducida para evitar que un posible escape de gas refrigerante, pueda producir accidentes debidos al desalojo del aire por el gas refrigerante, más denso.

2.7 Selección del sistema de climatización

La premisa es: *sólo puede decirse que hay sistema de climatización si incluye un subsistema de ventilación.* Por tanto, la primera decisión será: ¿climatizar, el aire de ventilación antes de introducirle o, sin tratar térmicamente, directamente del exterior?

Que se resolverá al elegir entre:

- Sistemas Todo Aire
- Resto de sistemas posibles, mixtos:
  - Todo agua +Ventilación
  - Todo Refrigerante + Ventilación
  - Agua +Refrigerante +Ventilación

Se resuelve porque, si elegimos un sistema Todo Aire, necesariamente el aire de ventilación será tratado en la UTA y cumpliremos nuestro objetivo y la normativa: *bienestar térmico con renovación de aire.*

En el resto de sistemas estaremos obligados a hacer una instalación de ventilación adicional y, como decíamos, entonces la cuestión inmediata será: ¿cómo se introduce el aire de renovación, preclimatizado o directamente del exterior?...

En los edificios de viviendas o pequeños negocios la normativa establece que *la renovación de aire* se realice directamente del exterior por admisión/infiltración en fachada y extracción en cubierta.

En el resto de los edificios *se instalará un sistema de ventilación donde se preclimatizará el aire que será impulsado a todos los recintos, el sistema estará equipado con todos los dispositivos necesarios para el cumplimiento de las exigencias de ahorro energético*.

Esto es, para resto de edificios cualquier sistema que no sea Todo Aire: ***deberá disponer de un subsistema de ventilación con UTA para el tratamiento del aire exterior.***

2.7.1 Criterios de selección

Según el criterio de ventilación manifestado antes podemos estar seguros de que, en cualquier caso, será necesaria una UTA –excepto si es vivienda o pequeño comercio donde será optativo- sin embargo es difícil y de una gran complejidad decidir correctamente cuál es el sistema más idóneo para climatizar un recinto.

La complejidad en *la decisión* es función de la complejidad *del recinto* que el sistema deba atender; esto es: "…será sencillo en cuanto el recinto sea un espacio único con cerramientos continuos, opacos y homogéneos. Irá ganando

complejidad en cuanto tenga que atender recintos multiespacios con gran diversidad de materiales de distinta naturaleza y con fachadas en diferente orientación".

La elección del sistema de climatización puede ser guiada si se tienen en cuenta algunos criterios de selección:

- Zonificación del edificio: uso, orientación, exposición…
- Velocidad de respuesta del sistema a la demanda energética
- Velocidad de respuesta del edificio a los cambios en el ambiente exterior
- Velocidad y variación de la ocupación en el interior

Estos criterios pueden ayudarnos no sólo a decidir cuál es el mejor sistema sino, *previamente*, si el recinto exige un solo sistema o varios. De otra forma dicho: *si el recinto debemos dividirlo en sub-recintos para una más eficiente operación y ahorro energético.*

Como ejemplo simple, para entender mejor la intención, veamos tres casos:

- *Un edificio con un auditorio de ocupación ocasional* requiere un equipo específico para atender la demanda puntual en el auditorio.
- *Un edificio con un gran porcentaje de acristalamiento requiere* un equipo con gran velocidad de respuesta a las variaciones de la radiación solar.
- *Un edificio sin huecos en fachada y con un cerramiento de alta inercia térmica* no tiene ningún requerimiento específico que haga necesaria otra intervención que la de un sistema constante.

Y entre estas y otras posibilidades siempre se debe ser ecléctico y nunca considerar *el mejor sistema* sino el más *adecuado.*

Es de gran ayuda, también, tener presente que la normativa prohíbe algunas prácticas todavía frecuentes; en particular *"…no se permite el mantenimiento de las condiciones termo-higrométricas de los locales mediante:*

a. procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento
b. la acción simultánea de dos fluidos con T de efectos opuestos

Se exceptúa de lo anterior siempre que se justifique la solución adoptada en los siguientes casos:

i. se realice por una fuente de energía gratuita o el calor sea recuperado del condensador de un equipo frigorífico
ii. sea imperativo el mantenimiento de la HR dentro de intervalos muy estrechos

iii. *se necesite mantener los locales acondicionados con presión positiva con respecto a los locales adyacentes*
iv. *se necesite simultanear las entradas de caudales de aire a T antagonista para mantener el caudal mínimo de ventilación*
v. *la mezcla de aire tenga lugar en dos zonas diferentes del mismo ambiente*

CONCLUSIÓN

El sistema de climatización es una de las especificaciones básicas de la edificación. Las decisiones sobre elección del sistema, subsistemas y bloques que lo compondrán, deben tomarse en la fase de anteproyecto, ya que determinarán requerimientos -estructurales, de cerramiento, de distribución y dimensionamiento interior…- que, si no son tomados en esta fase, harán inviable el proyecto en su ejecución o, sencillamente, el proyecto será modificado según el criterio del técnico competente.



APÉNDICE

Composición de los Sistemas de Climatización

<table>
<tr><td colspan="3">TODO AIRE
El único fluido que llega al recinto es <u>AIRE</u>, frio o caliente, al que ya se le ha aportado el aire necesario para VENTILACIÓN. Este aire, parte de ventilación y parte reutilizado del local climatiz, por mezcla el aire ambiente.</td></tr>
<tr><td colspan="2">EMISORES.- elementos a través de los que el fluido intercambia energía con el aire ambiente del recinto.</td><td><u>BOCAS DE IMPULSIÓN</u>
DIFUSORES.-boca de salida de aire que descarga en varias direcciones y planos induciendo el movimiento y mezcla del aire interior con el aire aportado.
TOBERAS.-
REJILLAS.- con lamas fijas u orientables son bocas de extracción o retorno de aire de un recinto. Utilizadas como bocas de impulsión producen una mala, insuficiente inducción de movimiento del aire. No son recomendables en recintos habitables; pueden utilizarse, por menor coste, en garajes, trasteros,…</td></tr>
<tr><td colspan="2">TRANSPORTE
Elementos que conducen y reparten el AIRE, y equipos que impulsan su movimiento.</td><td>CONDUCTOS CIRCULARES.- habitualmente de chapa metálica y, ahora, también, textil Deben de ir aislados térmicamente si discurren por espacios no habitables.
CONDUCTOS RECTANGULARES.- habitualmente de fibras aglomeradas de vidrio o lana mineral revestidas de lámina que actúa como barrera de vapor.
PLENUM.- espacio entre falso techo térmicamente aislante y forjado.
ACCESORIOS.- Compuertas, filtros, deflectores…
VENTILADORES.- Centrífugos, axiales… vienen definidos por la presión y velocidad con que impulsa el aire</td></tr>
<tr><td rowspan="2">PRODUCCIÓN DE FLUIDO CLIMATIZADOR</td><td>ENERGIZACIÓN DEL FLUIDO.- equipo y modo donde se <u>transfiere</u> energía al fluido portador</td><td>UTA: a ella se retorna una parte del aire extraído del local* y en sus distintas secciones se le: mezcla con aire exterior, filtra, calienta o enfría, humedece o deshumedece y, finalmente, se le impulsa climatizado al interior del local.
Caja de retorno: con ventilador que extrae aire del interior del local y lo pasa a la
Caja de mezcla: donde se aporta aire exterior de renovación que en la
Caja de baterías: es calentado o enfriado, humedecido o deshumedecido para desde la
Caja de impulsión: ser impulsado al interior del local</td></tr>
<tr><td>PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA.- equipos donde se <u>produce</u> la energía que en la UTA es cedida al <u>aire.</u>
A la UTA llega energía por:
AGUA y/o REFRIGERANTE</td><td><u>con AGUA</u>; se produce energía que primero calienta o enfría agua para que, después, ésta caliente o enfríe el aire en la UTA. Implica dos etapas de transferencia; para producir la energía se utilizan:
CALDERAS.- produce energía por combustión que transfiere al agua que llega a la batería de calor de la UTA
ENFRIADORAS.- produce agua fría, con una máquina refrigerante, que es enviada a la batería de frío de la UTA

<u>con GAS REFRIGERANTE;</u> se produce energía en una maquina refrigerante que trabaja en ciclo de CARNOT reversible con evaporador y condensador actuando como batería de frío o batería de calor.</td></tr>
</table>

*otra parte del aire extraído (*igual al introducido de renovación*) es expulsado antes de llegar a la caja de mezcla

<table>
<tr><td colspan="3">TODO AGUA + VENTILACIÓN
al recinto llega: <u>AGUA CALIENTE O FRÍA</u> para ACONDICIONAR Y <u>AIRE PRIMARIO</u> para VENTILAR</td></tr>
<tr><td colspan="2">EMISORES.- elementos a través de los que el fluido intercambia energía con el aire ambiente del recinto.</td><td>VENTILOCONVECTORES o FAN-COILS.- equipo que contiene un serpentín con aletas y un ventilador dentro de una carcasa a través de la que circula el aire ambiente
INDUCTORES.- serpentín con aletas servido por un conducto de aire forzado ya climatizado.
RADIADORES.- recipientes con alta relación superficie/volumen.
SUPERFICIES RADIANTES.- paramentos en los que se ha empotrado una tubería dispuesta en serpentín.</td></tr>
<tr><td colspan="2">TRANSPORTE.-
Elementos y equipos que conducen, reparten e impulsan el AGUA .

Elementos para la VENTILACIÓN</td><td>TUBERÍAS.- elementos cilíndricos huecos con pared de diferentes materiales y espesores -definidas por su diámetro nominal y presión- deben estar <u>siempre</u> térmicamente aisladas.
AISLAMIENTO TÉRMICO.- espumas, fibras o minerales debe cuidarse su espesor y estanqueidad.
ACCESORIOS.- válvulas, filtros, depósitos acumuladores
BOMBAS.- centrifugas, desplazamiento positivo

Los mismos que en TODO AIRE</td></tr>
<tr><td rowspan="2">PRODUCIÓN DE FLUIDO CLIMATIZADOR</td><td>ENERGIZACIÓN DEL FLUIDO.- equipo y modo donde se <u>transfiere</u> energía al fluido portador</td><td>VENTILOCONVECTORES.- por convección forzada al hacer circular, el aire ambiente, a través del serpentín con aletas por el que circula el agua caliente o fría.
INDUCTORES.- el aire primario provoca, por efecto venturi, la circulación del aire ambiente a través del serpentín con aletas por el que circula el agua caliente o fría.
RADIADORES Y SUPERFICIES RADIANTES.- por convección natural sobre la superficie exterior del elemento EMISOR
❖ Se utiliza una UTA para transformar el AIRE DE RENOVACIÓN en AIRE PRIMARIO</td></tr>
<tr><td>PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA.- equipos donde se produce la energía que es transferida al fluido portador que la introduce en el recinto</td><td>CALDERA.- produce energía por combustión que transfiere al agua que llega a la batería de calor de la
ENFRIADORA.- produce agua fría que es enviada la batería de frío de la UTA

❖ CALDERA Y ENFRIADORA sirven también a la UTA que produce el AIRE PRIMARIO</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="3">TODO REFRIGERANTE + VENTILACIÓN
al recinto llega: <u>LIQUIDO o GAS REFRIGERANTE</u> para ACONDICIONAR Y <u>AIRE PRIMARIO</u> para VENTILAR</td></tr>
<tr><td colspan="2">EMISORES.- elementos a través de los que el fluido energizado intercambia energía con el aire ambiente del recinto.</td><td>VENTILOCONVECTORES o FAN-COILS.- equipo que contiene un serpentín con aletas y un ventilador dentro de una carcasa a través de la que circula el aire ambiente
INDUCTORES.- serpentín con aletas servido por un conducto de aire forzado ya climatizado (aire primario)</td></tr>
<tr><td colspan="2">TRANSPORTE
Elementos y equipos que conducen, reparten e impulsan el REFRIGERANTE .

Elementos para la VENTILACIÓN</td><td>TUBERÍAS.- igual que en TODO AGUA pero con exigencia de superficies interiores muy lisas para facilitar el arrastre de aceite y capaces de soportar altas presiones y temperaturas.
AISLAMIENTO TÉRMICO.- espumas, fibras o minerales debe cuidarse su espesor y estanqueidad y, aquí con mayor atención, espesor.
ACCESORIOS.- válvulas, filtros, instrumentación de proceso,…
COMPRESORES.- de tornillo, de paletas,…

Los mismos que en TODO AIRE</td></tr>
<tr><td rowspan="2">PRODUCIÓN DE FLUIDO CLIMATIZADOR</td><td>ENERGIZACIÓN DEL FLUIDO.- equipo y modo donde se <u>transfiere</u> energía al fluido portador</td><td>CONDENSADOR.- cambia de fase el gas refrigerante que le llega a alta temperatura y alta presión. Y lo hace cediendo calor (calentando) otro fluido; en nuestro ámbito: Aire o Agua
❖ cuando un condensador se enfría con agua en circuito cerrado... ¡¡exige una torre de enfriamiento de agua!!
EVAPORADOR.- el liquido condensado y por tanto a baja presión y temperatura se hace pasar a través de un muy pequeño orificio (válvula de expansión) expandiéndose al tomar calor del fluido que atraviesa el evaporador.</td></tr>
<tr><td>PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA.- equipos donde se produce la energía que es transferida al fluido portador que la introduce en el recinto</td><td>COMPRESOR.- accionado por un motor transforma la energía eléctrica consumida en él en un incremento de ENTALPIA del gas refrigerante que pasa de un estado de baja presión y baja temperatura a otro a alta presión y alta temperatura.
❖ Las etapas descritas se realizan siguiendo un ciclo de CARNOT</td></tr>
</table>

SISTEMA S DE CLIMATIZACIÓN	EMISORES	TRANSPORTE	PRODUCCIÓN I.-ENERGIZACIÓN DEL FLUIDO	II.- PRODUCCIÓN DE ENERGÍA
TODO AIRE	• DIFUSORES • REJILLAS	• CONDUCTOS CIRCULARES • CONDUCTOS RECTANGULARES • PLENUM • ACCESORIOS ***VENTILADORES***	<u>UTA</u>: ▪ CAJA ADMISIÓN ▪ CAJA MEZCLA ▪ CUERPO DE BATERIAS → ▪ CAJA DE IMPULSIÓN	<u>**con AGUA**</u> • CALDERA • ENFRIADORA DE AGUA <u>**con GAS REFRIGERANTE**</u> - CONDENSADOR DE GAS REFRIG. - EVAPORADOR DE LIQUIDO REFRIG.
TODO AGUA **más** **VENTILACIÓN**	• FAN -COILS o VENTILO -CONVECTORES • INDUCTORES • RADIADORES • SUPERFICIES RADIANTES • DIFUSORES • REJILLAS	• TUBERÍAS • AISLAMIENTO DE TUBERÍAS • ACCESORIOS ***BOMBAS*** **IGUAL TODO AIRE**	<u>**AC**</u>: DIRECTAMENTE EN TUBOS DE CALDERA → <u>**AF**</u>: ENFRIADORA DE AGUA → - EVAPORADOR POR ENFRIAMIENTO DE AGUA - CONDENSADOR POR AGUA O AIRE (TORRE DE ENFRIAMIENTO) <u>**UTA**</u>: - BATERIA AGUA C ALIENTE : → - BATERIA AGUA FRÍA: →	●EN HOGAR DE LA CALDERA ● COMPRESOR MAQ. REFRIGERANTE ●DE CALDERA ● DE ENFRIADORA
TODO REFRIGERANTE **más** **VENTILACIÓN**	• FAN -COILS o VENTILO -CONVECTORES • INDUCTORES • DIFUSORES • REJILLAS	• TUBERÍAS • AISLAMIENTO DE TUBERÍAS • ACCESORIOS ***COMPRESORES*** **IGUAL TODO AIRE**	<u>**MAQUINA FRIGORÍFICA**</u> .- LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA <u>**DEL COMPRESOR**</u> SE TRANSMITE DIRECTAMENTE A LOS EMISORES QUE FUNCIONARAN, REVERSIBLEMENTE, COMO EVAPORADORES O CONDENSADORES <u>**UTA**</u>: - BATERIA CALEFACCIÓN : → - BATERIA ENFRIAMIENTO : →	 ●DE MAQ. FRIGORÍFICA ● DE MAQ. FRIGORÍFICA
AGUA/ REFRIGERANTE **más** **VENTILACIÓN**	**IGUAL** { **AGUA** + ***REFRIGERANTE*** } • DIFUSORES • REJILLAS	**IGUAL** { **AGUA** + ***REFRIGERANTE*** } **IGUAL TODO AIRE**	USUAL MENTE: { CALEFACCIÓN POR AGUA CON RADIADORES/SUELO RADIANTE ENFRIAMIENTO CON EVAPORACIÓN DIRECTA DE REFRIGERANTE } <u>**UTA**</u>: - BATERIA AGUA C ALIENTE : → - BATERIA AGUA FRÍA: →	 ●DE CALDERA ● DE MAQUINA FR IGORÍFICA

CUADERNO



Cuadernos.ijh@gmail.com
info@mairea-libros.com

